MEMORIA

SU L'ANDAMENTO E GLI EFFETTI

DELLE

CORRENTI ELETTRICHE

DENTRO LE MASSE CONDUTTRICI

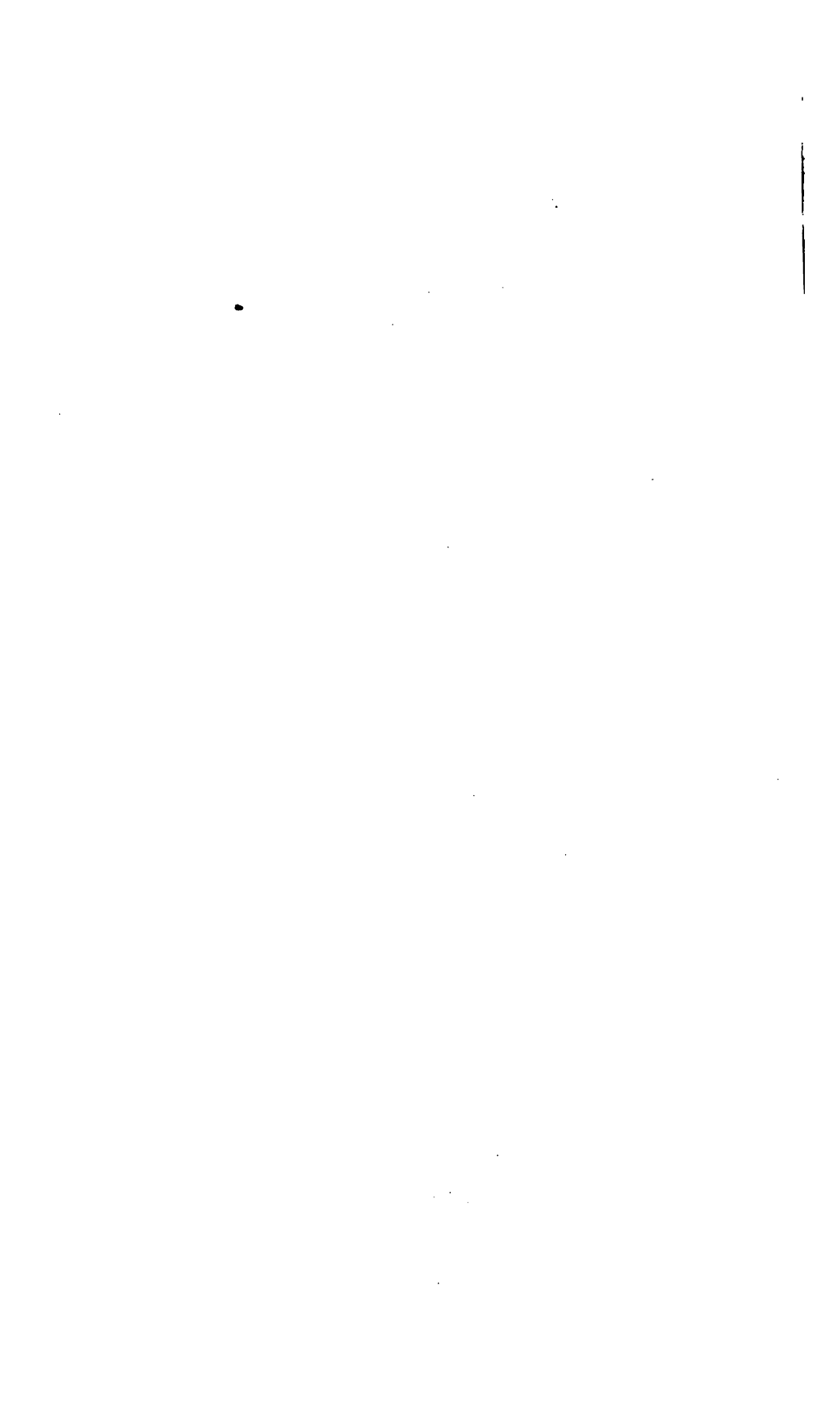
DEL CAV. L. NOBILI

PROF. DI FISICA NELL' I. E R. MUSEO DI FIRENZE.

Firenze

PRESSO LA TIPOGRAFIA GALILEIANA

VIA TOSCANELLA N.º 1821 2.º

1835

SU L'ANDAMENTO E GLI EFFETTI

DELLE

CORRENTI ELETTRICHE

DENTRO LE MASSE CONDUTTRICI

Molte sono le questioni, la cui risoluzione dipende dal conoscere la via che battono le correnti elettriche nell'interno de' conduttori metallici ed umidi. Io toccai altrove l'importanza di questo soggetto, e particolarmente là dove mi accinsi a dimostrare che le correnti elettriche non si possono incrocicchiare a guisa de' raggi calorifici e luminosi (1). Intendo ora di ritornare sullo stesso argomento per trattarlo più diffusamente, e così liberarmi dalla promessa che feci all'occasione in cui ne parlai per incidenza in mezzo ad altra materia.

(1) *Nobili*, Collezione di Memorie, Vol. I, pag. 61. — Biblioteca Universale, Tom. 56, pag. 150.

Tre sono i luoghi ne' quali interessa di seguire il movimento delle correnti:

1.° Dentro i conduttori metallici;

2.° Dentro i conduttori umidi;

3.° Nel punto in cui le correnti passano da un conduttore all'altro.

Ricerca Preliminare.

Già si sa che l' elettricità in movimento non ha per sua sede, come l' elettricità statica, la sola superficie de' corpi. Le correnti elettriche, qualunque sia l' origine da cui derivino, s' insinuano nelle masse e le traversano in tutte le direzioni.

Sinchè le correnti si mantengono sopra un canale che non cangia nè forma nè dimensioni, come sono i soliti fili congiuntivi delle pile, non vi ha in esse variazione di sorta: in ogni punto manifestano la medesima energia, siccome dimostra l' influenza ch' esse esercitano sull' ago magnetico: influenza la quale si conserva la medesima sopra qualunque tratto del loro cammino. Ma quel filo, quel canale uniforme in tutta la sua lunghezza, ha delle parti interne e delle esterne. Ora si chiede se tali parti conducano tutta la medesima dose d' elettricità oppure una differente?

Da certe sue esperienze sulla scarica della boccie di Leida, il celebre Volta fu condotto a credere che la superficie delle masse fosse per il torrente elettrico una miglior via conduttrice della parte interna. Disse infatti in più d' un luogo che *il fluido elettrico, il quale si scarica pei deferenti, massime imperfetti, sebbene il più scorra sulla superficie di essi, pur ne passa*

anche per l' interno..... (2). In questa sentenza l' elettricità in movimento non perderebbe che in parte la sua abituale tendenza a correr alla superficie de' corpi

Osservazioni più recenti del Davy e del Becquerel intorno alla conducibilità, conducono ad un risultato diverso, perciò almeno che risguarda le sostanze metalliche. In questi corpi la conducibilità sarebbe, a lunghezze eguali, proporzionale alla massa. Si ha per esempio da un' esperienza del dotto inglese, che un fascio di sei fili sottili conduce come un filo solo più grosso eguale di peso e di lunghezza ai primi sei. Sparisce da questo risultato l' influenza della superficie: è la massa che conduce senza distinzione di parti. I fili elementari del centro condurrebbero come quelli del contorno.

Le osservazioni di cui parliamo non furono estese ai conduttori umidi; e rispetto ai metallici esse non uscirono fuori della scala troppo ristretta di semplici fili: doppio motivo per ritornare sulla questione, e cercare di risolverla direttamente sopra masse d' una grossezza competente, e tratte da amendue le classi di conduttori.

Metodi di esplorazione.

Due sono i modi d' esplorare le correnti elettriche sia nella loro forza come nella loro direzione; può dirsi l' uno *galvanometrico*, dall' istrumento che si usa in tale circostanza; l' altro *elettrochimico*, dall' ispezione di que' veli colorati che si depositano sui metalli, e che chiamai *apparenze elettrochimiche* dall' epoca del loro scoprimento.

Il primo metodo, dall' uso che ne hanno fatto i fisici in differenti ricerche, è assai noto: non così il se-

(2) Collezione delle opere di Volta, Tomo I, Parte II, pag. 450.

condo che ho praticato io per la prima volta in una delle ultime mie Memorie (3). Mi servirò in questo lavoro d'amendue: ciascheduno di essi ha le sue particolari risorse che si renderanno manifeste all'atto delle applicazioni.

Comincierò le esplorazioni dalle combinazioni più semplici, dai conduttori *uniformi*, chiamando così quei conduttori che non cangiano nella loro lunghezza nè forma nè capacità, come i fili congiuntivi delle pile, una colonna di liquido rinchiusa dentro un tubo cilindrico, ec.

I.° Caso. — Conduttori uniformi.

Esplorazioni galvanometriche.

Conduttori di prima classe. — Procuriamoci un canaletto lungo uno o due piedi, egualmente largo e profondo in tutta la sua lunghezza. Sia desso orizzontale, chiuso alle estremità, ed armato quivi di due laminette di metallo che abbraccino tutta l'ampiezza del canale. Saranno queste le lamine destinate ad introdurre una corrente elettrica nel recipiente, dopo d'averlo riempiuto di mercurio.

Introdotta la corrente si applicano le punte dello *scandaglio galvanometrico* alla superficie del mercurio (4). Il galvanometro segnerà una certa deviazione,

(3) *Nobili*, Memorie, Vol. I, pag. 56.

(4) Lo *scandaglio galvanometrico* consiste in due fili di platino comunicanti con un buon galvanometro, e mantenuti ad una distanza invariabile da una lamina di sughero o d'altro in cui sono infilzati parallelamente l'uno all'altro. Tali fili sono liberi per un pollice circa, e scoperti all'estremità per una linea soltanto. Il rimanente è coperto da uno strato di ceralacca.

Per la comparabilità de' risultati le esplorazioni vanno fatte colle punte mantenute sempre alla medesima altezza, e per modo che il loro piano coincida con quello della corrente.

di 12.° per esempio. S'insinuano le punte nella massa, e la deviazione si mantiene costante a qualunque profondità.

Conduttori di seconda classe. — Si tolga dal canaletto il mercurio, per sostituire a questo un conduttor umido, dell' acqua per esempio acidula o salata. Si faccia traversare quest' acqua da una corrente di forza competente, e poi si esplori nella solita maniera alla superficie ed alle differenti profondità. Non si trova nemmeno in questo caso alcuna sensibile variazione nelle indicazioni galvanometriche: si mantengono queste, come dentro il mercurio, costanti in qualunque punto della massa.

Passaggio dai conduttori di prima classe a quelli di seconda. — Questo tragitto s' effettua fra due strati ad immediato contatto che appartengono l' uno al conduttor metallico, e l' altro al conduttore umido. Non è in questo caso applicabile il metodo degli scandagli galvanometrici: bisogna ricorrere all' elettrochimico. Ecco in quale maniera.

Esplorazioni elettrochimiche.

Si supponga il nostro canaletto diviso in due parti eguali col mezzo di un taglio praticato perpendicolarmente alla sua lunghezza. Si collochi in mezzo alle due parti una lamina di platino, e poi si riuniscano di maniera che i due compartimenti siano a tenuta d' acqua senza restringer punto la loro capacità nel luogo occupato dalla tramezza metallica. Si riempiano egualmente i due riparti con una soluzione d' acetato di piombo, e poi si facciano traversare da una corrente elettrica. Il divisorio metallico riceve da un lato gli elementi elettropositivi della soluzione e si colora; dall' altra parte riceve il piombo, che lo ricopre d' un finissimo pulviscolo.

Non è possibile di cadere in equivoco dalla parte dello strato colorato: a riserva d'un orlo *a più colori insignificante*, la tinta che vi si vede, è tutta uniforme, azzurra, gialla, verde o rossa secondo che durò l'azione elettrica (5). La decomposizione si operò dunque ugualmente sopra tutti i punti della faccia metallica; e se la decomposizione riusci uniforme, ciò fu necessariamente in virtù della corrente, la quale agì dappertutto con eguale energia.

L'ispezione del pulviscolo di piombo sulla faccia negativa conduce alla medesima conseguenza; giacchè l'occhio non saprebbe riscontrare su quella velatura, differenza di grossezza o d'altro. Bisogna del resto convenire che quest' osservazione non porterebbe all' ultima convinzione se non fosse congiunta alla prima della tinta uniforme, suscettiva del massimo grado di precisione.

Più per lusso di prove che per bisogno ho ripetuta l'esperienza or ora descritta sopra una tinozza di forma parallelepipeda divisa in dodici uguali compartimenti da undici lamine, le quali, traversate che furono da una corrente di forza competente, si colorarono tutte della medesima tinta uniforme (6).

(5) L' *orlo* dichiarato *insignificante* deriva da quel po' di liquido che per la capillarità monta sulla lamina oltre il livello naturale della massa, e dove si estendono pure alcuni filetti di corrente, capaci di produrre quella specie di contorno a più colori.

(6) Quest' apparecchio suolmi servire ad un altro uso, a mettere cioè in evidenza il modo con cui si caricano le pile secondarie di Ritter. L' apparecchio è di fresca data; non così l' idea fondamentale della teoria che avanzai da gran tempo appena m' accorsi della natura dei veli che si depositavano sulle lamine all' atto delle decomposizioni voltaiche. Dissi in allora essere *così frequenti i casi in cui le sostanze elettro positive ed elettro negative s' attaccavano visibilmente ai poli verso cui erano trasportate, che sembrava ragionevole di supporre che ve ne rimanesse un qualche velo anche allorquando l' occhio non ne distingueva*

In quest' ultimo esperimento le lamine erano tutte equidistanti. Non tralasciai però di fare un' altra verificazione, e fu che si potevano variare gl' intervalli senza alterare la legge del fenomeno. Trovai difatti la stessa tinta sopra lamine vicine un pollice, come sopra di altre distanti cinque o sei. Già s' intende che la soluzione salina si elevava in ogni riparto alla medesima altezza.

Conclusione. — Ne' conduttori uniformi le correnti posseggono la stessa forza *elettrodinamica* in ogni punto della massa, e la stessa forza *chimica* in ciascuno di que' punti speciali dove la corrente passa dal metallo all' umido.

II.° Caso. — *Conduttori difformi.*

Nessuno ignora ciò che accade ad una corrente elettrica che passi da un conduttore ristretto ad uno più ampio: la corrente si diffonde dentro di quest' ultimo per modo da conservare in totalità la forza di prima, perdendo essa in intensità ciò che guadagna in estensione. Si sa difatti qual sia l' azione elettro-magnetica d' un conduttore composto di fili di varie grossezze: essa è la medesima dappertutto, sui fili più sottili come sopra i più grossi.

Sin qui nulla di nuovo: la novità sta nell' effetto chimico che corrisponde ad un ristringimento come sono per dichiarare.

alcuna traccia. (Bibl. Univ, Tom. 35, pag. 261. Collezione delle mie Memorie, Vol. I, pag. 33.)

Le recenti osservazioni di Dobereiner e di Faraday sulla facoltà che il platino ha di assorbire il gas ossigeno e di operare le combinazioni d' alcune sostanze gazose, aggiungono così gran peso all' opinione da non doversi, mi pare, desiderar altro intorno all' origine delle *polarità secondarie.*

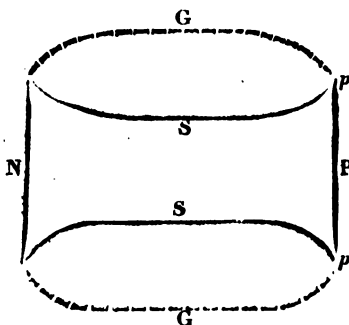
Replicherò qui per una seconda ma 'ultima volta che questo genere d' osservazioni è suscettibile d' una gradissima precisione. Nel valutare il tono d' una tinta, l' errore che si può commettere non è mai tale da portare la differenza di un' unità nei numeri dell' ultima colonna, i quali esprimono le grossezze relative degli strati colorati (7).

In ciascuna delle cinque osservazioni, i suddetti numeri stanno approssimativamente fra loro come 3 a 2, mentre le intensità della corrente, a cui corrispondono, sono come 2 a 1. All' oggetto dunque di raddoppiare l' effetto chimico non basta l' impiego d' una corrente doppia in forza elettrodinamica: ci vuole molto di più. Tale è almeno la conseguenza che sembra derivare indispensabilmente dai risultati della tavola.

Riduciamo l' altezza T*t* ad un terzo di PP'. Avremo in tal caso, nel riparto ristretto T*n*, de' fili di corrente tre volte più intensi di quelli che esistono sul riparto più esteso PT'. È questo il rapporto approssimativo che si esige per raddoppiare l' effetto chimico, come risulta dalle due osservazioni riferite qui sotto, le quali non hanno bisogno d' ulteriori schiarimenti.

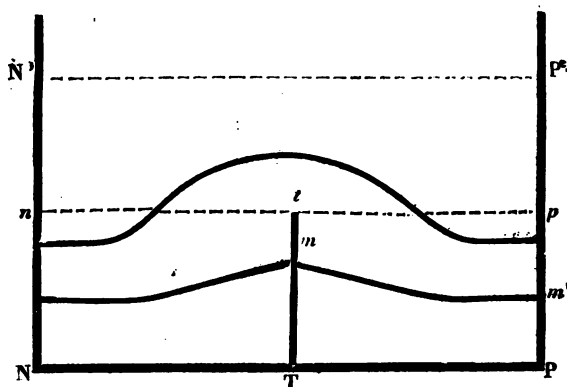
OSSERVAZIONI	STRATI COLORATI		
	ESTENSIONE RELATIVA	QUALITA' DELLE TINTE (*della scala cromatica*)	GROSSEZZA RELATIVA
1	T*t* = 1 PP' = 3	Rancio N.° 22 Ocria " 8	13 6 1/3
2	Tt = 1 PP' = 3	Verde giallo " 34 Blu " 13	20 10 1/3
3	T*t* = 1 PP' = 3	Verde rossiccio " 43 Lacca rancia " 26	28 14

(7) Vedi i dettagli relativi alla *Scala cromatica* nella Bibl. Univ., Août et Sept. 1830, o nella Collez. delle mie Memorie, Vol. I, pag. 163.

Un altro caso di restringimento che merita attenzione per le sue conseguenze, si è quello rappresentato nella figura adjacente, dove P, N indicano la projezione orizzontale delle lamine, e le curve S, S le sponde del recipiente. In questo caso la colorazione di P cessa d'essere uniforme; è più carica nel mezzo che alle parti estreme *p*, *p*.

Nella disposizione inversa d'un gonfiamento, di un' ampliazione G, G nel ventre del recipiente, la colorazione più forte passa dal centro alle parti.

III.° Caso. — *Interruzioni parziali.*

Le tramezze metalliche impiegate nel numero precedente toglievano qualunque comunicazione fra un riparto e l'altro. Vedremo ora che cosa accade quando le interruzioni non sono così complete.

Abbiasi in primo luogo una tramezza bassa T*t* fra due lamine più alte PP', NN' da mettersi al solito nel circuito voltaico dopo d'avere versato nel recipiente tanta soluzione che arrivi fino ad un livello P'N' superiore alla sommità *t* della tramezza bassa T*t*.

Supponiamo per fissare le idee che la corrente entri nell' apparecchio dalla lamina PP′. In tal caso la faccia di questa lamina si colora da P sino in P′, ma d' una tinta non uniforme, più carica al disopra in P′*p*, che al disotto in *p*P.

Si colora pur anche la faccia positiva della tramezza bassa T*t*, ma questa colorazione, per quanto continui l' azione voltaica, non oltrepassa mai un certo punto *m* molto al disotto della sommità *t*.

È pure degna d' osservazione un' altra particolarità ed è che la tinta in T*m* è visibilmente più leggiera di quella che si forma in P*p*.

Questi due accidenti marcatissimi ci dimostrano due cose: 1.° che le correnti le quali sboccano da P*p* dirimpetto alla tramezza T*t* circuiscono in gran parte questo ostacolo anzi che penetrare dentro di esso; 2.° che lo penetrano solamente le correnti più basse, quelle per esempio che partono da P*m*′, le quali vanno ad occupare sulla tramezza tutto lo spazio T*m*. Se non vi fosse questa diffusione di correnti da P*m*′ in T*m*, la colora-

zione in Tm non riuscirebbe più debole di quella che si vede in Pm'.

Questi risultati mettono in piena evidenza un fatto annunziato già da un fisico distinto, M.r De La Rive, ma che meritava pur conferma; ed è la difficoltà che incontrano le correnti nel passare dai conduttori umidi ai metallici, e viceversa (8). La difficoltà è tale che buona parte delle correnti dirette da Pp verso Nn allungano il loro cammino, circuendo la tramezza, anzi che penetrare dentro di questa.

Nel caso or ora discusso la tramezza Tt non era sorpassata dal liquido che da un solo lato, il superiore. Quando si fa in modo che gli ostacoli siano tutt'all'intorno circuiti dalla soluzione, la corrente non li traversa più che nella loro parte centrale. Così dimostrano i colori, che si sviluppano sopra tale regione, più forti nel centro, e via via sempre più deboli verso il contorno,

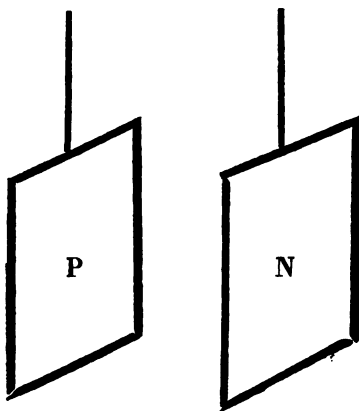
(8) Alludiamo qui alle belle osservazioni di M. De La Rive sulle correnti obbligate a traversare un certo tratto di liquido diviso in varj compartimenti da un certo numero di tramezze metalliche. La corrente diminuisce d'intensità in siffatto tragitto. La diminuzione dipende poi da due condizioni; il numero delle tramezze, e la natura del metallo col quale sono formate le tramezze medesime.

Già si sa che sotto l'azione della corrente tutte le tramezze si convertono in altrettante combinazioni voltaiche, le quali agiscono in senso contrario a quello della pila.

Per due cagioni adunque una tramezza diminuisce l'effetto della corrente che passa per essa: consiste l'una nella proprietà d'eccitare una *controcorrente*; consiste la seconda nella difficoltà che la corrente incontra nel passare da un conduttore all'altro. Prima d'assicurarsi di quest'ultimo risultato indipendentemente dal primo, si poteva forse ascrivere tutta la perdita all'influenza della *controcorrente*, e mettere così in dubbio la conseguenza del dotto ginevrino; tanto più che questa non riceveva rinforzo dalla considerazione che i metalli più ossidabili erano quelli che producevano le perdite minori. Si combina difatti che la proprietà di polarizzarsi, d'eccitare le controcorrenti, diminuisce ne' metalli col crescere della loro ossidabilità: risultato che si spiega facilmente riflettendo all'influenza dell'ossidazione, che è d'impedire più o meno la formazione delle apparenze elettrochimiche.

il quale rimane per un gran tratto libero da qualunque siasi velo colorato; verificandosi tutt' all' intorno di esso ciò che avviene parzialmente nel caso della tramezza T*t* circuita dal liquido nella sola sua parte superiore.

IV.° Caso. — *Lamine ordinarie di decomposizione.*

Rappresentino P, N due lamine di platino, in faccia l' una dell' altra, e tali da sostenersi sospese in mezzo a tanta massa di liquido colorante da circondarle tutte all' intorno. Si ponga P in comunicazione col polo positivo d' una pila, N col negativo. In tal caso la materia che colora la lamina P, si attacca in dosi molto differenti alle differenti regioni della lamina. Per fissare le idee, divideremo queste dosi in tre categorie: in *forti* cioè, in *mediocri* ed in *deboli*. Le forti si riscontrano sul contorno della lamina; le mediocri sulle parti centrali della faccia anteriore (quella che guarda la lamiua negativa N); le deboli infine sulle parti centrali della faccia posteriore.

Abbiamo veduto disopra (I.° Caso) ch' entro i canali uniformi, dove le lamine metalliche toccano il liquido con una faccia non più estesa del liquido medesimo, la corrente sbocca da tutti i punti del metallo con una forza eguale. Ora che dire del caso attuale dove lo sbocco della corrente si concentra in sì gran copia sugli spigoli?

Abbiamo nella scienza un principio, dal quale dipende forse lo stesso *canone delle tensioni*, a cui feci ricorso in altra occasione, per ispiegare questo fatto medesimo (9). Il principio a cui alludo è quello della conducibilità, il quale si può esprimere così: « *l'elettricità corre là dove può scaricarsi più facilmeute* ».

La facilità dello scaricarsi dipende poi dalla conducibilità de' corpi che ricevono le scariche e le correnti elettriche; ed i corpi in generale conducono tanto meglio quanto sono più corti e più grossi.

Colla scorta di queste massime consideriamo il I.° Caso d' un canale uniforme, e qui troviamo che la corrente sbocca da tutti i punti della lamina con egual forza, perchè a ciascheduno di quei punti corrisponde un filetto di liquido egualmente conduttore per *massa* e per *lunghezza*.

Passiamo al canale ristretto nel mezzo (seconda figura del II.° Caso), e qui veggiamo che lo stringimento toglie ai fili di fluido laterali una parte della loro massa. Divengono per questa perdita meno conduttori, e la corrente passa per essi in minore abbondanza.

Inverso è il caso del canale ampliato nel mezzo. Ai fili di fluido laterali s' unisce qui una nuova massa; quest' aggiunta aumenta la loro conducibilità, e la cor-

(9) Bibl. Univ., Tom. 56, pag. 150, o Collezione delle mie Memorie, Vol. I, pag. 61.

rente ne profitta coll'incanalarsi sopra di essi più che non fa su quelli del centro.

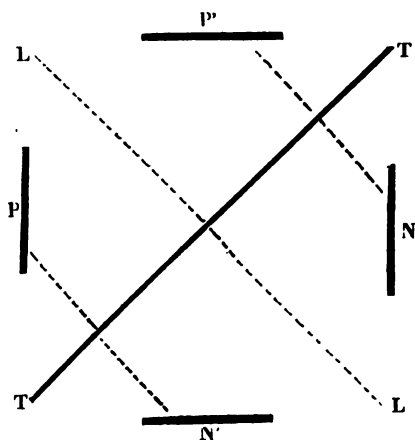
Osserviamo finalmente il caso che forma il soggetto del presente articolo. Abbiamo qui le due lamine P, N immerse nel liquido in tutta la loro totalità. La distanza da spigolo a spigolo è eguale a quella da centro a centro; ma ai fili di fluido che mettono in diretta comunicazione gli spigoli s'uniscono tutti gli altri più o meno tortuosi della massa circostante. Gli spigoli hanno dunque per la propria elettricità una quantità di vie conduttrici che mancano alle parti centrali; e poichè vi sono, si dirige alla loro volta tutta l' elettricità che non potrebbe passare per la via, breve sì ma non abbastanza estesa, del liquido frapposto alle due lamine.

Abbassiamo le due lamine per modo che fra i loro spigoli inferiori ed il fondo del recipiente non rimanga che uno strato assai sottile di soluzione. Che accade egli in tale circostanza? Que' due spigoli non decompongono più come prima: decompongono molto meno, poco più delle parti centrali. La ragione ne è evidente: quegli spigoli non sono più circondati dal liquido necessario a condurre tutta la corrente che affluiva sopra di essi.

V.° Caso. — *Scarica di più pile nella medesima massa conduttrice.*

Questo caso dà luogo a diverse combinazioni meritevoli, più o meno, di considerazione. Scelgo dal numero le tre seguenti, che sono al tempo stesso e le più semplici e le più importanti.

1.° *Poli incrociati.* Fu con una disposizione di questo genere che dimostrai altrove non esser tali le correnti elettriche da potersi incrocicchiare in mezzo alle masse conduttrici. Disposte difatti dentro il medesimo

vaso quattro lamine in croce come indicano le projezioni P, N, P', N' feci vedere, che quando le due lamine P, N comunicavano con una pila, e le altre due P', N' comunicavano con una seconda d'egual forza della prima, le correnti non si scaricavano isolatamente per la via diretta dei diametri PN, P'N', ma che si formava un solo circuito, una sola corrente, la quale passava due volte per il liquido, una volta da P in N', e l'altra da P' in N. L'occhio segue in certa maniera questo movimento, vedendo comparire i colori sopra le lamine positive dal lato delle negative, e non sopra amendue i fianchi, com'è il consueto costume.

Questa prova, di natura *elettrochimica*, fu la sola che adducessi in quella circostanza: ora aggiungerò la sua corrispondente tratta dal *galvanometro*. Consiste questa nell' osservare ciò che accade alla corrente allora quando si colloca successivamente una tramezza isolante nella direzione delle due diagonali TT, LL. Sopra di LL l'effetto della tramezza è nullo al galvanometro, perchè essa non imbarazza punto il corso della corrente

che si fa liberamente per le vie laterali e parallele PN', P'N. Nell' altra posizione TT la tramezza tronca queste vie, ed il galvanometro se ne risente con una diminuzione d' effetto.

Dopo questa conferma io deggio ritornar qui al punto delle correnti disuguali che toccai appena la prima volta. Mi limitai in quell' occasione a mostrare che quando una delle due pile diveniva *più forte* dell' altra, nasceva nella corrente più energica una divisione: si disse che una porzione equivalente alla corrente più debole si metteva a circolare, con questa come nel caso dell' eguaglianza delle due pile, mentre tutto il resto circolava da sè per la via più breve del diametro del vaso.

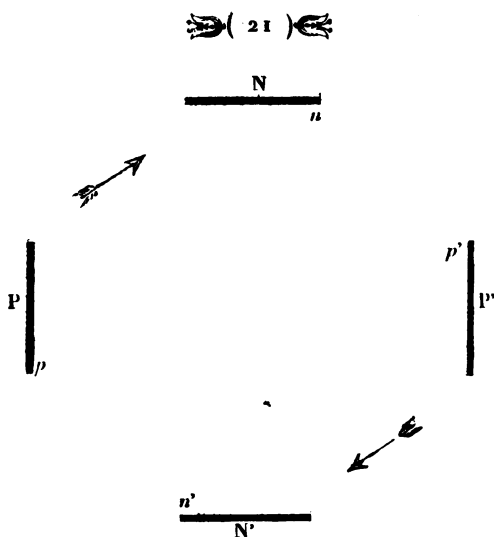
Già si prevede dove deggiono mirare le attuali nostre illustrazioni. Si parla qui di pile di forza eguale e disuguale: ora come intendere queste espressioni se due pile possono produrre sul galvanometro degli effetti diversissimi, e ciò nullameno bilanciarsi perfettamente?

Per fissare le idee supponiamo d' avere due pile eguali per numero, grandezza e distanza degli elementi, in tutto cioè fuori che nel liquido conduttore. Sia questo, per esempio, in una delle due pile, acqua acidula, nell' altra, acqua salata. Misuriamo al galvanometro le correnti delle due pile e troveremo, a modo d' esempio, una deviazione di 40° per la pila eccitata coll'acqua acidula, ed una soltanto di 5° per la seconda pila eccitata coll' acqua salata. Queste due correnti sono dunque disugualissime; eppure basta far agire le due pile in un circuito solo, l' una contro dell' altra perchè cessi lo sviluppo delle correnti, e rimanga immobile l' indice del galvanometro. In qualunque teoria è questo un effetto dovuto all' *eguaglianza di tensione* delle due pile, e che noi ricordiamo al solo fine di dichiarare

che un tale equilibrio di forze non può mai verificarsi sopra pile che si scarichino nella medesima massa conduttrice. In questo caso si stabiliscono sempre delle correnti, e per pile di forza eguale vanno intese quelle che sono eguali, non per *forza di tensione*, ma per *forza di corrente* entro quella data massa di liquido che si considera.

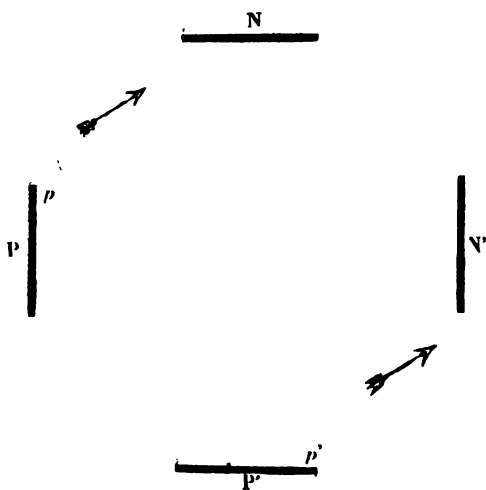
Se delle due pile eguali in tensione, prese or ora ad esempio, quella eccitata col liquido più attivo produce una corrente di 40° attraverso di PN, e l'altra ne produce, nella medesima circostanza, una di soli 5°, sarà questo un caso di disuguaglianza manifesta, in virtù della quale la corrente più forte si dividerà in due rami o filoni, per circolare con uno di questi da sè, e coll'altro in compagnia della corrente più debole.

A misura però che ridurremo la pila eccitata coll'acido ad un minor numero d'elementi, la disuguaglianza, di cui si parla, andrà scemando, e si potrà, continuando la riduzione, pervenire al punto d'eguaglianza. Nel nostro esempio delle due pile eccitate con acqua acidula e salata, non si arriva a un tal segno che molto tardi, quando cioè la pila dall'acido è ridotta a soli due o tre elementi. Egli è in questo stato d'eguaglianza che le due pile si scaricano, l'una l'altra, completamente e non prima, come risulta dall'ispezione dei veli colorati.

2.° *Poli paralleli in senso inverso*. Mutiamo posto alle due lamine P', N della combinazione precedente: portiamo P' in N, ed N in P'. Avremo così la disposizione indicata dalla figura seguente.

Se in questa nuova combinazione le due pile, supposte di forza eguale, formassero, come nel caso precedente, un solo circuito, se ne avrebbe un certo indizio dalla colorazione che comincierebbe in *p*, *p'*.

Che se le pile, ad onta d'essere in comunicazione, lavorassero indipendentemente l'una dall'altra, gli spigoli a colorarsi per i primi sarebbero gli opposti a quelli che abbiamo or ora contrassegnati.

Parrebbe a prima vista che dovesse accadere l'una o l'altra delle indicate due circolazioni. L'osservazione ne insegna invece che succedono amendue contemporaneamente: dal che si conchiude che nascono tre circolazioni, una parziale per ciascuna delle due pile, ed una generale per amendue. Nè maraviglia di ciò; perchè le correnti le quali sboccano nel liquido per la via degli spigoli *p*, *p'* invece di recarsi ad *n*, *n'* per i lunghi intervalli *pn*, *p'n'*, si dirigono sopra di N', N, a cui arrivano per le vie più brevi *pn'*, *p'n*.

3.° *Poli paralleli nel medesimo senso.* Invertiamo, in una delle due pile del caso precedente, il corso della corrente. Si ha così la disposizione indicata qui sotto, nella quale le due pile lavorano indipendentemente l' una dall' altra, come risulta dall' osservare gli spigoli p, p' che sono i primi a colorarsi. Non potrebbero le due pile lavorare insieme che dando luogo ad un incrocicchiamento di corrente, il quale non succede nemmeno quando s' incrociano a bella posta i poli per ottenere un tale effetto.

Applicazioni e viste teoriche.

I. *Superficialità delle scariche.*

Molte sono le osservazioni colle quali il Volta s'assicurò della tendenza che avevano le scariche delle boccie di Leida di battere piuttosto la via superficiale che la interna dei conduttori imperfetti. Basti qui rammentare l'osservazione *della viva e fragorosa scintilla che compare nelle grosse scariche, e solca la faccia dei medesimi: scintilla formata* dalla più gran parte della carica *che schiva di penetrare que' corpi, ancorchè discreti conduttori, come sono le membrane fresche e succose, i legni ancor verdi, e l'acqua medesima* (10).

Ricordiamoci del principio generale sulla conducibilità, ed i risultati del Volta entreranno sotto il suo dominio « *l'elettricità corre là dove può scaricarsi più facilmente* ». Una striscia di membrana, un cannello di legno è per una grossa carica un conduttore troppo imperfetto e troppo angusto per riceverla tutta nel proprio seno. L'aria circostante, non v'ha dubbio, conduce anche più malamente, ma l'*ampiezza* vince qui il difetto di conducibilità, ed il fluido corre a quella volta per iscaricarsi.

Nelle nostre esperienze sui conduttori uniformi bastò un'ampliazione di canale nel mezzo per vedere la corrente crescere di forza ai lati, mentre prima era egualmente intensa sopra ogni punto della massa conduttrice. Nei casi del Volta ha pur luogo un'ampliazione di canale, e l'ha dalla parte dell'aria, la quale s'as-

(10) Collezione delle opere di Volta, Tom. I, Par. II, pag. 452.

socia al conduttore imperfetto nell' uffizio di trasmettere l' elettricità dotata di un considerevole grado di tensione, siccome è quella che si accumula sulle boccie di Leida.

II. *Efficacia del doppio rame negli elementi alla Wollaston.*

Che la disposizione d' un doppio rame intorno allo zinco sia più efficace di quella d' un solo rame, è cosa che s' intende subito. Ma perchè non sussiste egli lo stesso vantaggio nel raddoppiare lo zinco d' intorno al rame?

Per rispondere alla questione, e valutare al tempo stesso le opinioni emmesse sul soggetto da due valenti fisici, De La Rive e Marianini, siami permesso di dichiarare come intendo il giuoco della pila, dopo l' analisi che ne ho fatta nel mio corso di pubbliche lezioni al Museo (11).

Fissiamo le idee sopra una combinazione voltaica, *zinco, acqua* e *rame* congiunto metallicamente allo zinco fuori del liquido. Secondo il Volta la forza elettro motrice si svolge nel contatto dei due metalli eterogenei. Secondo altri esiste là dove lo zinco soffre l' azione del liquido. È questa l' opinione ch' io seguo per i motivi che sto per dichiarare.

(11) Alcuni giornali scientifici hanno in quest' intervallo pubblicati diversi articoli relativi alle *ricerche d' elettricità*, a cui si applica da qualche tempo il celebre Faraday. Io non saprei da tali notizie formarmi un' idea giusta dei lavori dell'Autore, nè indicare quali possano essere i punti di contatto o di discordanza fra il suo modo di vedere e quello che si descrive in questa memoria. Ommetto quindi ogni discussione a questo riguardo; e lascio libero il corso alle mie idee, a costo di dover ritornare presto sul medesimo soggetto per riparare le ommissioni, e rettificare i punti che non si sostenessero a fronte de' progressi della scienza.

È nota la distinzione degli elementi de' corpi in *elettro positivi* ed *elettro negativi*, dedotta dal modo col quale que' principj si presentano separati sui fili decomponenti della pila. Io parto da questa idea per solo motivo di chiarezza: la giustificheremo in seguito, se ne avrà di bisogno.

L' acqua tende ad ossidare lo zinco, e quest' effetto, considerato elettricamente, deriva dall' attrazione ch' esiste fra gli elementi dello zinco, e dell' ossigeno, i quali sono, positivi i primi, negativi i secondi. Sinchè le particelle dell' acqua non sono in contatto del metallo, l' ossigeno elettronegativo è completamente neutralizzato dall' idrogeno elettropositivo. La presenza dello zinco distrugge questo stato di neutralizzazione, questo stato di *elettricismo dissimulato*. Le particelle dello zinco elettropositivo attraggono un tantino l' ossigeno elettronegativo, e respingono l' idrogeno elettropositivo. Ecco la particella d' acqua polarizzata, negativa dal lato dell' ossigeno, positiva dal lato dell' idrogeno: ecco come allo stato neutro della particella succede uno stato di tensione, in cui una porzione delle elettricità dissimulate diventa libera, e si dispone ad agire *per influenza* a dritta ed a sinistra secondo le note leggi. La formazione dell' ossido, l' unione cioè dello zinco coll' ossigeno esige un tempo: non è dunque istantaneo lo stato di tensione elettrica ch' esiste su quello *strato nascente* (lo chiamerò così persuaso d' applicargli il nome più espressivo); ma è bene istantanea, o poco meno, la sua propagazione da amendue le parti. Per quest' influenza il rame che tocca lo zinco, s' elettrizza in meno; mentre le particelle dell' acqua si attuano, si polarizzano nel senso della prima, voltando l' ossigeno negativo dal lato dello zinco, e l' idrogeno positivo dal lato del rame. Ora è questo uno stato di cose il quale non

può durare che un momento. Il rame negativo in presenza dell' idrogeno positivo prende a questo la sua elettricità, che gliela cede per equilibrarsi a spese della particella attigua, la quale fa altrettanto colla sua vicina, e così di mano in mano finchè si arriva alla prima dello strato nascente, la quale si rifà a spese dello zinco positivo che ritorna pur esso allo stato naturale in quel giro d' elettricità.

Ecco dunque che cosa è successo. L' affinità chimica, considerata come un' attrazione elettrostatica, determina uno stato di tensione da cui parte una corrente che fa il giro di tutto il circuito e ristabilisce l' equilibrio. È questa l' opera, si può dire, di due soli istanti, il primo ed il secondo : nel terzo l' affinità chimica è vigente come nel primo, e riproduce lo stato di tensione a cui succede, nel quarto istante, una corrente, e così via discorrendo.

Osserviamo in questo meccanismo il movimento degli elementi dello strato nascente, e noi troveremo che essi s' avvicinano nello stato di tensione, e ritornano al loro posto, quando si dissipa la tensione colla corrente che ne nasce immediatamente. Sarà questa, pei suddetti principj, una specie di sistole e di diastole : nell' atto della sistole, essi si caricano in senso contrario ; nell' atto della diastole producono la scarica, o la corrente, che vuol dir lo stesso : nella sistole gli elementi si dispongono all' unione ; nella diastole cessa questa predisposizione per rinnovarsi l' istante successivo.

Non vi ha vaghezza od oscurità di sorte in questo modo di vedere. Si dichiara apertamente che se la prima tensione elettrostatica predispone lo zinco all' ossidazione, questa tendenza vien meno il momento dopo, in cui cessa la tensione, e sottentra in suo luogo la corrente. Ma come mai si può presumere che il giuoco

delle combinazioni voltaiche si faccia in tal modo, se la corrente precipita anzi l' ossidazione dello zinco come risulta dalle più ovvie osservazioni? Qui sta il gran nodo della quistione; qui la causa di dissensione che dalla scoperta della pila sino al giorno d' oggi tiene divisi i fisici in due partiti che s' imbarazzano reciprocamente nella loro marcia, e lottano fra loro con sorte così dubbia che impedisce all' odierna chimica di stabilirsi solidamente sopra la novella sua base.

La corrente elettrica decompone ma in un modo suo proprio, che non ha nulla di comune colle altre decomposizioni. L'ossigeno si sviluppa sullo zinco; l' idrogeno comparisce sul rame. È questo il fatto. Per la sua interpetrazione consultiamo l' elettrodinamica, e troveremo fra le sue leggi che *le parti successive d'una medesima corrente si respingono:* ripulsione che si manifesta gagliardissima ad ogni interruzione, ad ogni passaggio della corrente da un conduttore all' altro (12). Or bene i due strati d' acqua che circondano lo zinco

(12) Oltre alla nota esperienza del ferro da cavallo che rincula sul piatto di majolica d'Ampère, vi sono altre osservazioni che mettono in evidenza lo straordinario potere ripulsivo che sviluppano le parti successive d' una medesima corrente là dove cangiano di conduttore. Noterò le seguenti:

1. Come il ferro da cavallo d'Ampère rincula sul mercurio del piatto, così questo mercurio è spinto indietro da qualunque punta metallica che vi conduca sopra una corrente in una direzione molto obliqua (*Nobili.* Memorie. Tom. I, pag. 306).

2. Negli esperimenti relativi alle *apparenze elettrochimiche del mercurio*, questo metallo si deprime visibilmente sotto alle punte dell'apparecchio, appunto come conviene all' esercizio d' una forza ripulsiva fra il metallo e la soluzione (Biblioteca univ. Tom. 35, pag. 261. — *Nobili.* Memorie, Tom. I, pag. 40 e 48).

3. È in fine molto concludente l' osservazione dei fori che una scarica elettrica produce attraverso un mazzo di fogli di carta. Sui fogli del centro i fori sono appena visibili; sopra gli ultimi, i fori sono così grandi da convertirsi in lacerazioni.

ed il rame, sono gli estremi del conduttore umido, ed è sopra di essi che si concentra quasi tutto lo sforzo ripulsivo della corrente. Le particelle dell'acqua sono già tutte rivolte coll' ossigeno dal lato dello zinco, e coll' idrogeno dal lato del rame per la polarizzazione della prima particella che s' estende a tutte l' altre : non resta che alla ripulsione d' operare il suo effetto laceratore, di sconnettere l' architettura delle particelle estreme, e se non al primo sbocco di corrente, almeno ne' successivi che si tengon dietro con una rapidità immensa, compiere la rottura totale dell' edifizio atomistico sopra amendue le estremità dell' arco voltaico, disposte a ricevere l' una l' ossigeno e l' altra l' idrogeno separati nel modo indicato dall' osservazione (13).

(13) Si ritorni per un momento al mazzo di fogli traforati da una scarica. Ogni foglio può figurare una particella d'acqua; e le due bave, rivolte all' infuori in ciascun foro, possono far fede dello sforzo che la corrente esercita per decomporre le singole particelle: sforzo per altro impotente in tutta la catena fuorchè ai capi estremi, dove esso s' esalta al segno che conviene per l' effetto.

Non è poi senza fiducia che presento questa nuova teoria. Fra i motivi che me la fanno creder fondata, noterò le difficoltà che si superano con essa. S' intende così :

1. Come sia, nelle combinazioni voltaiche, necessaria la condizione d' un metallo ossidabile per avere lo sbilancio elettrico sopra uno strato nascente.

2. Come questo sbilancio consista in una tensione, positiva da una parte e negativa dall' altra, e tale da mettere in movimento una corrente che ossida realmente il metallo, mentre l' altra azione potrebbe lasciare lungamente sospeso quest' effetto.

3. Come quest'ossidazione sia accompagnata dal carattere speciale della separazione degli elementi in virtù della causa da cui deriva, e che consiste nella ripulsione intestina delle parti successive della corrente.

4. Come sia indispensabile di distinguere, nel giuoco della pila l' effetto chimico dall' elettrochimico : il primo è di semplice tensione, od *elettrostatico*, il secondo è un effetto di corrente, od *elettrodinamico*.

5. Come questi due effetti possano coesistere in grado imponente dal lato dello zinco, quando esso è attaccato vivamente da un acido

In questo meccanismo si suppone tacitamente che tanta sia precisamente l' elettricità che il rame negativo

diluito, per esempio dal solforico. Tutto l' idrogeno che si svolge sullo zinco si deve all' effetto chimico od elettrostatico. L' idrogeno che spetta all' effetto elettrodinamico è passato dal lato del rame. Lo zinco è in tal caso ossidato rapidamente in due maniere, parte elettrostaticamente, e parte elettrodinamicamente.

6. Come l' ossidazione ordinaria, l' elettrostatica, non abbia alcuna parte allo sviluppo della corrente, sebbene i più fossero disposti a vedere in essa la forza elettromotrice della combinazione voltaica. La corrente non gira che in forza di tensioni, le quali predispongono gli elementi dello zinco all' ossidazione, ma che non ossidano realmente, sospese nel loro esercizio dalla corrente in cui si risolvono. Le tensioni che ossidano a dirittura, non eccitano corrente: si risolvono in scariche fra gli elementi acquei ed i metallici per mezzo delle quali si ristabilisce l' equilibrio sul luogo medesimo dello sbilancio, senza che ne partecipi il rimanente del circuito. Se le elettricità contrarie delle due armature d' una boccia di Leida potessero equilibrarsi per la via brevissima del vetro, sarebbe questo il cammino che batterebbe il fluido della scarica: non ne passerebbe punto per gli eccitatori esterni che sarebbero inutili, come lo diventa l' arco delle combinazioni voltaiche nel caso di cui si tratta.

7. Come d' intorno allo zinco, attaccato vivamente da una soluzione acida, gli strati del liquido vadano divisi in due ordini, ne' primi prossimi al contatto, ed in un certo numero de' successivi. Egli è sui primi che la tensione elettrostatica esaltata al maggior segno produce le scariche immediate da elemento acqueo ad elemento metallico, e decompone al modo ordinario senza la separazione de' principj. Quest' effetto, come si disse, non mette in giro alcuna corrente. La corrente parte dalle tensioni meno esaltate degli strati un poco più lontani, incapaci per la loro debolezza di scaricarsi contro lo zinco.

8. Come la presenza dell' acido si abbia a considerare sotto due punti di vista: il primo *della conducibilità*, la quale viene aumentata in grazia sua, e per cui la corrente compie più presto il suo circuito, e più presto si riproduce. L' altro punto è quello *della tensione* degli strati polarizzati da cui parte la corrente; tensione che la presenza dell' acido ora deprime ed ora esalta come si dichiarerà in un' altra nota.

9. Come tutto il complesso della dottrina giustifichi la distinzione degli elementi dei corpi in *elettropositivi* ed *elettronegativi*, sia che si voglia considerarli, come si suppose da principio, elettrizzati *ab origine* in più od in meno, sia che si ami meglio di non vedere in essi che la tendenza, la disposizione ad elettrizzarsi a quel modo quando si mettono in presenza l' uno dell' altro. Quest' ultima idea è più conforme alla natura dell' elettricismo fugace sempre nel suo sviluppo come nei

riceve dall' acqua, quanto quella che lo zinco cede allo stesso liquido per compensarlo della sua perdita. In tale supposizione tutta l' elettricità sviluppata è in giro, e non vi hà perdita di sorte alcuna. Giovava, per fissare le idee, partire da questo caso normale, che può dirsi di *circolazione completa*; ma che è ben lontano dal potersi realizzare all' atto pratico. Perchè lo fosse bisognerebbero due cose: l' una che il liquido conducesse l' elettricità come fa l' arco metallico; la seconda che l' elettricità non soffrisse ritardo nel passare dal liquido al rame. In allora la perdita, sofferta dal rame nell' elettrizzazione dello zinco, potrebbe essere riparata istantaneamente, e così il medesimo zinco ritornare esattamente allo stato naturale dopo l' elettrizzazione che soffrì il momento prima. Ma la via del liquido è meno conduttrice della metallica, ed il passaggio della corrente dal liquido al rame non si fa senza difficoltà. Ecco dun-

suoi effetti; e più ragionevole anche per un altro motivo, perchè non si dura fatica a comprendere come il semplice contatto possa, nelle circostanze favorevoli, produrre uno sbilancio elettrico, dacchè questi sbilanci si producono per semplice fregamento, per semplice pressione, per semplice lacerazione di parti.

10. Come infine si possa avere una corrente in giro senza che quest' effetto sia nè preceduto nè accompagnato da azione chimica. Per metter in moto una corrente basta lo sviluppo di due tensioni contrarie in un luogo del circuito chiuso, e tale eccitamento può conseguirsi, come si consegue in realtà, col semplice calore, col semplice fregamento, e fors' anche colla semplice capillarità senza traccia d' azione chimica. Il supporre poi che potesse essere necessario nelle correnti un' azione chimica per sostenere, per alimentare le correnti medesime, è cosa che mi è sembrata sempre fuor di ragione. La corrente non è che un effetto di tensione; e purchè non venga meno questa cagione, la corrente si manterrà in giro, sia o non sia capace di decomporre le sostanze colla forza ripulsiva delle sue parti successive.

Non posso qui che toccare di volo tutte queste particolarità. Non tarderò per altro a trattarle più diffusamente in un lavoro che consacrerò alla sola pila, e dove mi farò forse lecito di risalire alla causa primitiva delle tensioni elettriche.

que come sta la cosa: il rame è già elettrizzato negativamente prima che il liquido sia in grado di fornirgli l' elettricità positiva che gli bisogna per ristabilire l' equilibrio. Non è dunque possibile d' ottenere la circolazione completa: vi sarà sempre più elettricità *sviluppata*, che elettricità *condotta*; vi sarà sempre un residuo di tensione elettrica che non si converte in corrente, perchè le vie di comunicazione non sono egualmente libere dappertutto. Ora come condursi per trarre il più grande partito da una data combinazione voltaica, per ridurre in una parola al suo *minimum* la differenza che passa fra l' elettricità che potrebbe circolare e quella che circola realmente?

L' esperienza aveva già suggeriti i due mezzi più efficaci: consisteva il primo nel lasciare fra il rame e lo zinco il solo liquido necessario all' eccitamento; consisteva il secondo nel raddoppiare d' intorno allo zinco la lamina di rame. Non si tratta già di svolgere maggior dose d' elettricità: ve ne ha dell' eccitata anche di troppo intorno allo zinco dall' azione del liquido. Si tratta di aprire delle vie a quella che è già sviluppata, per ricondurla più presto si può alla sorgente del disequilibrio. Ma tale elettricità passa con una certa difficoltà dal liquido al rame. Or bene che cosa è questo alla fine se non se un difetto di conducibilità, al riparo del quale si corre col raddoppiare la superficie del rame d' intorno allo zinco, d' intorno al luogo dell' elettromozione.

Non è questa in sostanza che l' interpetrazione presentata dal prof. De La Rive. A renderla più solida e completa era unicamente necessario e di liberare da qualunque obbiezione il fatto principale che le serve di sostegno, consistente nella difficoltà che incontrano le correnti nel cangiar di conduttore, e di risalire alla sorgente dello sbilancio elettrico per mostrare come il rame non

faccia nel circuito che le funzioni di conduttore, mentre lo zinco esercita il doppio uffizio d'eccitatore e di conduttore.

E qui noterò di volo come questa distribuzione di funzioni non sia giusta a tutto rigore che nel caso in cui il metallo ossidabile sia accoppiato ad uno che nol sia menomamente. Quando amendue sono attaccabili dal liquido in cui pescano, ciascuno di essi opera uno sbilancio elettrico, e bisogna tener dietro ai due disequilibri per conoscere il risultato finale dell'operazione (14).

(14) Credetti per un tempo che vi fosse una legge per cui l'elettricità prendesse costantemente le mosse dal metallo attaccato, e si portasse al meno attaccato per la via del conduttor umido. Ora sono non solo convinto de' casi che fanno eccezione ad una tal legge, ma di più penso che non sia ancor giunto il tempo di discutere scientificamente questo soggetto, perch' esso dipende da un elemento, di cui non abbiamo che scarse e poco fedeli misure, *la tensione delle correnti*.

Per far sentire l'importanza di questa condizione comincerò dal prendere ad esame uno dei fatti riferiti dal Marianini a sostegno della dottrina del contatto.

Un arco di ferro e di zinco pesca col ferro nell'acido solforico diluito, collo zinco nell'acqua stillata, la quale compie il circuito per essere in comunicazione coll'acido. L'azione dell'acido è assai viva sul ferro, insensibile quella dell'acqua sullo zinco. Eppure la corrente va nel liquido dallo zinco al ferro, secondo la direzione assegnata dal Volta, e non dal metallo attaccato al meno attaccato come si pretendeva dai fautori della nuova dottrina. Questa è l'obbiezione (*Atti della Società italiana*, Tom. XX, Fasc. II, pag. 355). Ecco la risposta:

Due sono le correnti che tendono a svilupparsi nel circuito di cui si tratta, l'una dal ferro all'acido, e l'altra dallo zinco all'acqua, perchè come il ferro è positivo rispetto all'acido, così lo zinco lo è rispetto all'acqua. Le due tendenze sono contrarie: non potrà dunque esservi in giro che l'eccesso d'una corrente sull'altra. Ma quale delle due sarà la più forte? L'osservare che dal lato del ferro si manifesta un'azione chimica più viva, non conduce a nulla. Bisogna nella questione consultare un altro elemento, quello *della tensione*: la vincerà poi delle due correnti quella che possederà maggior tensione. Or bene non è il galvanometro che misura direttamente le tensioni, ma l'elettrometro.

Si ebbe dunque torto, conchiuderei, da amendue i lati: dai seguaci della dottrina del contatto a resistere all'imponente massa di fatti

Il prof. Marianini segue la dottrina del contatto e pensa che giovi, negli elementi voltaici, accrescere piut-

che trasportavano la forza elettromotrice del Volta sul luogo dove i liquidi esercitano un' azione o capillare, o calorifica, o chimica sui metalli; dai seguaci di quest' ultima opinione per la confusione delle loro idee sul modo con cui quel genere d' azioni doveva alimentare la corrente, e per avere, nei casi d' inversione della corrente, perduto di vista lo stato di tensione, il quale va nella nuova teoria esplorato con diligenza non minore di quella che il gran Volta praticasse coll' illustre sua scuola.

E qui dovrei pure su questo stato di tensione aggiunger alcuni schiarimenti per rendere più completa la giustificazione delle nuove idee. Circoscritto dai limiti di una *nota* ne dirò in poche parole la sostanza, cominciando dal riflettere che la tensione d' una corrente ha in qualunque conduttor umido una causa d' aumento ed una di diminuzione. E difatti dove saremmo noi per vedere il più elevato grado di tensione? Là dove gli strati nascenti potessero formarsi più rapidamente in mezzo alle masse le meno conduttrici. Or bene non si accresce all'atto pratico l' una delle due condizioni senza crescere pur l' altra: si direbbe quasi che marciano di pari passo. Se le soluzioni acide attaccano vivamente i metalli ossidabili, sono anche eccellenti conduttrici: se l' acqua all' opposto è un conduttore ben cattivo, attacca eziandio assai debolmente quelle medesime sostanze metalliche. Le due cause si compensano, se non a rigore matematico, almeno quanto basta perchè non rechi maraviglia come la tensione degli elementi, e delle pile isolate non presenta all' elettrometro divari sensibili al variare del conduttor umido.

Ad ogni modo bisogna confessare ch' esiste un gran vuoto nella scienza dal lato di queste tensioni, e che pur troppo il *condensatore* non sembra più in grado di riempiere la lacuna. Il galvanometro va molto più oltre nelle sue indicazioni: i suoi segni di corrente sono in un' infinità di circostanze manifestissimi, mentre le tensioni corrispondenti passano inavvedute al condensatore più perfetto. È questo senza dubbio un grave danno, ma per buona sorte riparabile. E come? Affidando allo stesso galvanometro la cura di misurare le tensioni col mettere in conflitto le correnti che partono dalle diverse combinazioni. Due elementi d' uguale tensione, rovesciati che sieno, si comportano al galvanometro precisamente come fanno all' elettrometro: lasciano in perfetto riposo l' indice magnetico; e grandi o piccoli ch' essi si sieno, il risultato è sempre ugualmente nullo. Si può dunque in ogni caso ridurre la differenza delle tensioni in corrente, e secondo la legge di questi residui ordinare poi la scala delle tensioni medesime. Ma vi ha di meglio: si possono bilanciare esattamente al galvanometro le tensioni coll' aggiungere dal lato più debole il numero d' elementi necessario all' uopo. Si avrebbe così la medesima tensione rappresentata da altret-

tosto il rame che lo zinco, per un motivo di diffusione, perchè lo zinco (se ho ben inteso il suo concetto) tende a sparpagliare la propria elettricità nel liquido più che non tende il rame a concentrarla sopra di sè (15). Non so sin dove potesse portare questa diversità nel caso che sussistesse: so peraltro che le esplorazioni galvanometriche ed elettrochimiche non conducono a riconoscere veruna differenza di diffusione ne' due supposti punti di partenza e d' arrivo della corrente. So di più che nella dottrina del Volta lo zinco ed il rame sono elettrizzati allo stesso grado, l' uno in più, l' altro in meno; che come il primo tende a perdere il suo eccesso d' elettricità, così il secondo tende ad appropriarsene una dose equivalente; che queste due tendenze s' esercitano nello

tante pile composte d' un diverso numero d' elementi: il maggior numero corrisponderebbe alla tensione più debole, il minore alla più forte.

Ho fatte alcune prove per assicurarmi del metodo, e parmi di averne già tratto qualche buon frutto. Sono partito dalla *tensione acquea* (chiamo così la tensione che nasce fra un metallo e l' acqua); ed ho trovato che l' acido nitrico tende a deprimere questa tensione, e l'acido solforico ad esaltarla. I metalli esperimentati sono stati lo zinco, il ferro, il rame, il piombo, lo stagno e l' argento. È già questo un risultato che spiega un buon numero d' inversioni, tutte quelle cioè che si riscontrano sopra i suddetti metalli esposti individualmente all' azione dei due acidi nitrico e solforico più o meno diluiti. Nel primo, che tende a deprimere la tensione, la corrente deve andare, come va difatti, dalla superficie meno attaccata alla più attaccata; nel secondo, che tende ad esaltare la tensione, la corrente andrà, come va realmente, dalla parte più attaccata alla meno attaccata.

Non posso nè deggio entrare in altri dettagli: conchiuderò unicamente a favore d' una delle idee registrate in questa nota riflettendo che le tensioni degli elementi ordinari di rame e zinco, eccitati coi liquidi i più diversi per azione chimica, presentano differenze così leggiere, che queste spariscono sullo stesso galvanometro per poco che si difficulti il passaggio della corrente. Si figuri dunque se diversità di un tal ordine possano mai manifestarsi distinte al condensatore? Così l'esperienza viene in sussidio del primo ragionamento, e lo giustifica, mi pare, pienamente.

(15) Saggio di esperienze elettrometriche. Venezia 1825; p. 180-81.

stesso liquido; che per conseguenza le vie d' uscita non hanno alcun vantaggio su quelle d' entrata. Tutto in somma mi sembra simmetrico da una parte e dall' altra; e se sussiste una tale simmetria, perchè mai il raddoppiamento dello zinco non sarebbe egualmente efficace del raddoppiamento del rame? Od io m' inganno d' assai, o le nuove idee s' adattano ai fatti molto meglio delle antiche.

III. *Prerogativa degli elementi vergini.*

Tutti gli elettricisti sanno che gli elementi vergini hanno il privilegio di produrre per la prima volta certi effetti con un' energia tale che non si arriva più mai ad ottenere, per quanta cura s' impieghi in seguito a pulire le piastre. Il fatto è sicuro. Ma quale ne è la ragione? Crederei che si dovesse ricercare nel *grado di tensione* che l' elettricità possiede al momento in cui si sviluppa sullo zinco per opera dell' azione del liquido. Una pila d' elementi ossidati ha sicuramente una tensione minore che un' egual pila d' elementi vergini. Ora un elemento che ha servito, sia pure pulito quanto si vuole, non riacquista mai la superficie tersa e lucida ch' ebbe da principio. Un elemento ripulito non ha in somma la sua superficie a quella condizione di purezza metallica ch' esso possiede nello stato vergine. Supponiamo che esistessero due qualità di zinco, l' una più elettromotrice dell' altra. Niuna maraviglia farebbe allora il vedere la qualità più elettromotrice capace d' effetti superiori a quelli della seconda. Ora quella differenza, dico io, ch' esiste fra le due supposte qualità di zinco, si riscontra di fatto fra la superficie di due elementi, il vergine e l' usato.

Con un piccolo elemento vergine ottengo l' *ignizione* che mi manca con un elemento usato di doppia superficie del primo. Non posso credere che una doppia superficie di zinco, usata sì ma ben pulita, eccitata collo stesso acido sviluppi una dose d' elettricità inferiore a quella d' una superficie la metà minore d' un elemento vergine. Intendo invece benissimo come la tensione dell'elettricità sviluppata sullo zinco vergine possa essere maggiore della tensione corrispondente all'elettricità dello zinco non vergine; e poco poi m' importa che quest' ultima elettricità sia più abbondante della prima, se per mancanza di tensione essa non si può mettere in giro, come vi si mette la dose più scarsa dotata d' una tensione più forte.

IV. *Influenza delle superficie e degli spigoli nel meccanismo delle pile.*

La forza delle correnti elettriche cresce coll' aumentare la superficie de' due metalli eterogenei. È questo un fatto provato da tutte le osservazioni, e sul quale non è permesso di muover dubbio. È però egualmente vero che gli aumenti non seguono la ragione della superficie ma una molto meno rapida. Il Marianini trovò già che si poteva ridurre ad un settimo ed anche meno l' estensione della lamina di zinco dentro a quella di rame, senza perder gran fatto nella forza della corrente.

Un fisico francese, M.r Bigeon, confermò con buone misure prese sopra un galvanometro a filo di torsione i risultati generali del Marianini; ma non s' indusse per questo a credere che si potesse arbitrariamente ridurre la quantità dello zinco in faccia del rame. A picciolissime distanze, osservò egli che la superficie dello zinco esercitava una grande influenza, e che a somma eguale

di superficie il massimo effetto aveva luogo quando la superficie dello zinco era eguale o presso che eguale a quella del rame (16).

Si sapeva pur anche dalle esperienze dei medesimi due fisici che l' effetto delle faccie posteriori delle lamine non era già nullo, ma di molto inferiore a quello delle faccie anteriori. In una sua esperienza fatta con una lamina di rame coperta da una parte di cera, e presentata allo zinco or colla parte nuda ed ora coll' isolata, il Bigeon ritrovò (17):

L' effetto della faccia anteriore = 169°
id. id. posteriore = 84
id. totale = 239.

(16) Ecco la tavola del Bigeon relativa a questo risultato.

LINEE D' IMMERSIONE NEL LIQUIDO		TORSIONE	TORSIONE MEDIA
Rame	*Zinco*		
linee	linee		
3	15	134°	113°
6	12	263	224
9	9	305	286
12	6	290	276
15	3	226	222
15	3	218	
12	6	263	
9	9	267	
6	12	187	
3	15	92	

Le lamine avevano 14 linee di larghezza, ed erano nell' acqua acidula alla distanza di 4 linee (*Ann. de Chim. et de Phys.* Tom. 46, pag. 84).

(17) In quest' esperimento le lamine avevano sei linee di larghezza, ed erano distanti due pollici. Quando le lamine sono vicinissime, l' effetto della faccia posteriore è in proporzione molto minore. *Annali* Tom. 46, pag. 83.

Il medesimo Bigeon variò lo stato delle superficie, e trovò che bastava raspare o rigare le lamine di rame per guadagnare un poco nell' effetto. Guadagnò un po' più a perforarle di buchi molto vicini, e guerniti delle loro bave naturali (18).

Queste erano le cognizioni più positive che s' avessero intorno al soggetto, quando il prof. Dal Negro si avvisò d' approfondirlo maggiormente con una serie di esperienze, le quali lo condussero a proporre l' idea di una riforma totale nella costruzione degli elettromotori. La forza di questo apparato dipende quasi tutta, secondo l' autore, dal contorno degli elementi: non occorrerebbe dunque che impiegare questi perimetri, che val quanto dire de' fili o striscie metalliche molto sottili invece delle piastre a larga ed unita superficie come s' usava per lo passato.

Noi abbiamo veduto in uno de' numeri precedenti (IV Caso) che le correnti sboccano di preferenza dagli spigoli delle lamine di decomposizione. Queste lamine per cui passa una corrente eccitata altrove, non sono precisamente alla medesima condizione di quelle di rame e zinco dove nasce l' eccitamento. Secondo la nostra teoria ve ne sarebbe però una in tale condizione, quella del rame per l' uffizio che presta di semplice conduttore. Lo zinco ed il liquido esercitano le due funzioni d' eccitatore e di conduttore.

Secondo quest' idee l' elettricità che si sviluppa sullo zinco dovrebbe essere proporzionale alla superficie dello

(18)

		Torsione
Lamina	unita	565.°
—	raspata	600
—	rigata a quadretti	650
—	traforata	670

Annales de Chim. et Phys. Tom. 46, pag. 81.

zinco medesimo. Noi non abbiamo alcun mezzo per verificare direttamente questa deduzione, che si può per altro ammettere senza difficoltà conciliandosi assai bene coi fatti generali, e colle idee dichiarate di sopra; perchè altro è *elettricità sviluppata*, altro *elettricità condotta*, la sola che operi gli effetti chimici e galvanometrici. Prendiamo per base i risultati del Marianini; supponiamo cioè che per mettere in giro tutta, o quasi tutta l' elettricità d' una data superficie di zinco si esiga una superficie di rame sette in otto volte maggiore. Che si guadagnerà egli in tale supposizione a raddoppiare lo zinco? Nulla o ben poco perchè il rame è rimasto colla sua conducibilità di prima, la quale bastava appena alla circolazione d' una quantità, la metà minore, di fluido elettrico. Il fatto è d' accordo colla teoria: ci basti questo per non perderla di vista nella discussione in cui siamo per entrare.

Mi procuro due coppie voltaiche, l' una *a telajo*, e l' altra *piena*, tratte dalle medesime due lamine col segare opportunamente il loro contorno. Esperimento, in eguali condizioni, le due coppie e trovo i seguenti risultati al mio galvanometro comparabile.

Coppie	Estensione relativa	Forza della corrente in	
		gradi	*numeri*
Piena	6	50° 1/2	817
A telaio	1	44	529

Le superficie stanno come 6 a 1; le correnti non arrivano al rapporto di 3 a 2.

È dunque verissimo, come annuncia il valente fisico di Padova, che non si perde gran cosa dell'*effetto elettrodinamico* a limitarsi, in un elemento voltaico, all' azione del solo perimetro (19).

In quest' esperimento, egualmente che negli altri consimili del prof. Dal Negro, vi sono due cose da rimarcare: l' una che si combina colle note osservazioni del Marianini; l' altra che contrasta singolarmente con esse: si combina la prima che lo zinco si può ridurre di molto senza perdite sensibili; non si combina la seconda, che si può fare, allo stesso patto, una riduzione consimile al rame.

Per mettermi sulla via di decifrare questo paradosso ho costruita una coppia piena, di forma quadrata, eguale in estensione alla superficie del telajo impiegato disopra, la quale era di circa quattro pollici quadrati. L' ho esperimentata nelle medesime condizioni del telajo, e la sua forza non è risultata che di uno o due gradi solamente inferiore a quella del telajo.

Quel vantaggio adunque che il telajo aveva sull' elemento pieno sestuplo in superficie, lo ha un dì presso un elementino pieno, della medesima estensione del telajo. Non occorre dunque estendere il principio della diminuzione delle superficie al di là di certi confini che posson fissarsi alla larghezza di un pajo di pollici, in vista dell' elemento quadrato di due pollici di lato, che sostiene il confronto del telajo a stretto perimetro.

Non bisogna nemmeno accordare agli spigoli una virtù che non hanno. Si facciano sette od otto tagli al-

(19) La deduzione non vale per l' *effetto calorifico*. Coll' elemento pieno s' ottenne infatti l' incandescenza d' un filo di ferro, mentre coll'altro a telajo un egual filo non si riscaldò nemmeno al segno di risentirsi.

l' elementino quadro e pieno esperimentato poc' anzi. per riprodurre su di esso gran parte degli spigoli del telajo, e la sua forza varierà di ben poco, se non si manterrà la medesima, come mi sono assicurato con una prova diretta.

Non vi ha dubbio: nelle nostre lamine di decomposizione (IV Caso) gli spigoli hanno un deciso vantaggio sulle parti centrali; ma l' hanno, non per virtù propria: l' hanno in grazia unicamente della gran massa di liquido che li circonda. È questo un fatto che non bisogna perder di vista per non attribuire a lontananza o povertà di spigoli ciò che dipende da mancanza di liquido o da altre circostanze (20).

(20) Fra gli esperimenti del prof. Dal Negro si trova il seguente. Da un elemento a doppio rame, in cui il rame era tale da coprir quattro volte lo zinco interno, egli ottenne una deviazione al galvanometro di 13°, 90; mentre da un altro elemento, in cui il rame copriva al solito una sola volta lo zinco, ebbe l' effetto un po' maggiore di 14°, 17. (*Annali del Regno Lombardo-veneto*, Tom. VI, 1834).

Questo risultato non concorda nè coi primi del Marianini nè cogli altri del Bigeon più recenti. Esperimentando questi sopra lamine di 14 linee di larghezza, e tuffandole a diverse profondità nel liquido ottenne i seguenti risultati. (*Annales*. Tom. 46, pag. 83).

Linee d' immersione		Torsione
Rame	*Zinco*	
3	3	75°
6	3	116
9	3	146
12	3	172
15	3	190
3	6	80
....	....	....

Il prof. Dal Negro fa dipendere il minore effetto del suo elemento

È dunque verissimo, come annuncia il valente fisico di Padova, che non si perde gran cosa dell'*effetto elettrodinamico* a limitarsi, in un elemento voltaico, all' azione del solo perimetro (19).

In quest' esperimento, egualmente che negli altri consimili del prof. Dal Negro, vi sono due cose da rimarcare: l' una che si combina colle note osservazioni del Marianini; l' altra che contrasta singolarmente con esse: si combina la prima che lo zinco si può ridurre di molto senza perdite sensibili; non si combina la seconda, che si può fare, allo stesso patto, una riduzione consimile al rame.

Per mettermi sulla via di decifrare questo paradosso ho costruita una coppia piena, di forma quadrata, eguale in estensione alla superficie del telajo impiegato disopra, la quale era di circa quattro pollici quadrati. L' ho esperimentata nelle medesime condizioni del telajo, e la sua forza non è risultata che di uno o due gradi solamente inferiore a quella del telajo.

Quel vantaggio adunque che il telajo aveva sull' elemento pieno sestuplo in superficie, lo ha un di presso un elementino pieno, della medesima estensione del telajo. Non occorre dunque estendere il principio della diminuzione delle superficie al di là di certi confini che posson fissarsi alla larghezza di un pajo di pollici, in vista dell' elemento quadrato di due pollici di lato, che sostiene il confronto del telajo a stretto perimetro.

Non bisogna nemmeno accordare agli spigoli una virtù che non hanno. Si facciano sette od otto tagli al-

(19) La deduzione non vale per l'*effetto calorifico*. Coll' elemento pieno s' ottenne infatti l' incandescenza d' un filo di ferro, mentre coll'altro a telaio un egual filo non si riscaldò nemmeno al segno di ricuocersi.

l' elementino quadro e pieno esperimentato poc' anzi, per riprodurre su di esso gran parte degli spigoli del telajo, e la sua forza varierà di ben poco, se non si manterrà la medesima, come mi sono assicurato con una prova diretta.

Non vi ha dubbio : nelle nostre lamine di decomposizione (IV Caso) gli spigoli hanno un deciso vantaggio sulle parti centrali; ma l' hanno, non per virtù propria : l' hanno in grazia unicamente della gran massa di liquido che li circonda. È questo un fatto che non bisogna perder di vista per non attribuire a lontananza o povertà di spigoli ciò che dipende da mancanza di liquido o da altre circostanze (20).

(20) Fra gli esperimenti del prof. Dal Negro si trova il seguente. Da un elemento a doppio rame, in cui il rame era tale da coprir quattro volte lo zinco interno, egli ottenne una deviazione al galvano metro di 13°, 90 ; mentre da un altro elemento, in cui il rame copriva al solito una sola volta lo zinco, ebbe l' effetto un po' maggiore di 14°, 17. (*Annali del Regno Lombardo-veneto*, Tom. VI, 1834).

Questo risultato non concorda nè coi primi del Marianini nè cogli altri del Bigeon più recenti. Esperimentando questi sopra lamine di 14 linee di larghezza, e tuffandole a diverse profondità nel liquido ottenne i seguenti risultati. (*Annales*. Tom. 46, pag. 83).

Linee d' immersione		Torsione
Rame	*Zinco*	
3	3	75°
6	3	116
9	3	146
12	3	172
15	3	190
3	6	80
....	....	....

Il prof. Dal Negro fa dipendere il minore effetto del suo elemento

L' esperienza ne insegna che un picciolo elemento a lamine piene di tre a quattro pollici quadrati di superficie sostiene il confronto d' un elemento a lungo perimetro della medesima sua estensione. La stessa maestra ne dice che si può da un grande elemento sopprimere gran parte della sua sostanza centrale, senza pregiudizio notabile della sua forza. Si direbbe forse che tanta superficie fosse senza azione perchè sprovveduta di spigoli? Non già per la ragione testè indicata. Chiameremo invece in nostro sussidio le parti posteriori delle lamine, e diremo che queste parti esercitano un' azione molto sensibile ne' piccoli elementi, ed in proporzione una molto più debole ne' grandi elementi; perchè l' elettricità che si svolge dallo zinco, ha nel picciolo elemento un breve cammino per arrivare ai punti di dietro più lontani, un lunghissimo invece nel caso di grandi elementi.

Facciamo una larga finestra in una grande lamina di rame, che sta di faccia ad una eguale di zinco in una combinazione voltaica. Con quest' operazione abbiamo soppresso un gran pezzo di rame ch' era attivissimo dalla parte anteriore, e nullo o quasi nullo dalla parte posteriore. Con tutto ciò l' elemento avrà perduto poco di forza, perchè la gran finestra ha aperto delle nuove vie di comunicazione fra le parti posteriori del rame superstite e la sorgente dell' elettricità. Sono queste nuove vie che riparano il danno del gran taglio, non

a rame quadruplo dall' azione soverchiamente diminuita degli spigoli per la distanza a cui sono portati.

Nel 3.o, 4.o e 5.o esperimento del Bigeon gli spigoli inferiori delle lamine sono spinti ad una distanza anche maggiore; eppure la forza si trova cresciuta e sensibilmente cresciuta anzi che diminuita.

Avrebbe mai per avventura il professor Dal Negro impiegato, pel suo elemento esteso, un vaso troppo picciolo, una quantità cioè di liquido che non circuisse abbastanza la doppia lamina di rame?

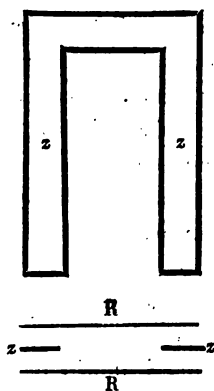
già la comparsa d' uno spigolo in un luogo dove può farsene un doppio senza effetto con un taglio di sega, che lasci la parte centrale attaccata al suo contorno in due o tre punti solamente.

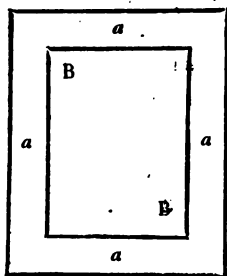
Da queste considerazioni di fatto e di dottrina scendono alcune massime o precetti relativi alla costruzione e forza degli elettromotori, che esporrò qui con un certo ordine ed accompagnati dalle giustificazioni necessarie.

1.° Lo zinco eccitato dal liquido va collocato sempre in mezzo a due rami, i quali sembrano fare, dall' una e l' altra parte, l' uffizio di *collettori*, come lo fanno, nelle macchine ordinarie, le punte situate di faccia alle due superficie di vetro confricate dai cuscinetti.

2.° Questo zinco può essere, in superficie, ridotto alla quarta parte del rame che lo circonda. Il prof. Marianini spinge la riduzione sino ad 1/7, ad 1/8. Io mi arresto al 1/4 in grazia de' risultamenti meno sproporzionati del Bigeon, ed anche perchè amo meglio di consumare inutilmente un po' di zinco, che correre il rischio d' impoverire di troppo la sorgente dell' elettricità.

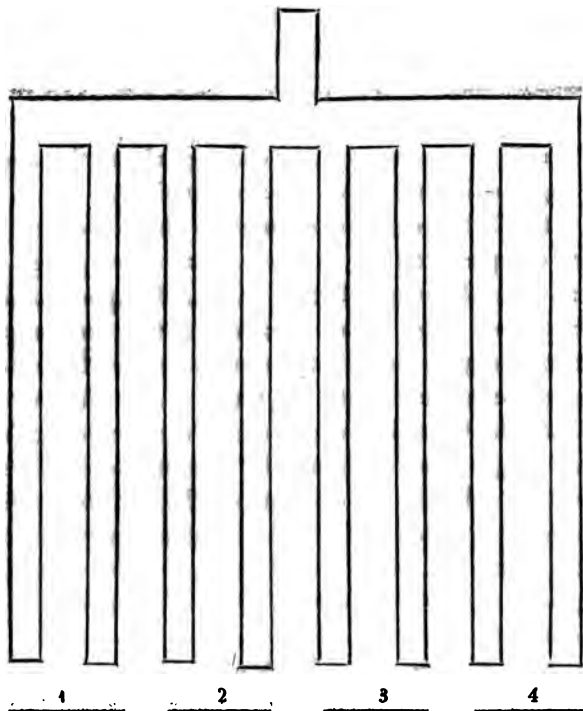
3.° La distanza fra l' anima di zinco e la fodera di rame deve limitarsi a 2 ó 3 linee.

4.° Lo zinco va diviso, va biforcato in faccia del rame. Siano R, R le projezioni del doppio rame (*Vedi la pagina seguente*). Invece di collocare in mezzo ad esse una lamina di zinco, metà di R, dovrà questa essere divisa in due parti eguali per modo da occupare tutta la larghezza del rame, come si vede in *z*, *z*.

Due motivi giustificano questa nuova pratica: il primo, che si fanno sorgere nel mezzo della lastra di zinco due facciette, due costole benissimo disposte per l' azione in virtù del liquido che le circonda; il secondo, che le parti posteriori del rame s' avvicinano quanto meglio si può alla sorgente dell' elettricità, e ciò senza pregiudizio delle anteriori, le quali restano sempre di faccia alla medesima quantità di zinco.

5.° Le faccie posteriori del rame sono in proporzione tanto meno attive quanto gli elementi sono più grandi. Si può segnare, di dietro al rame, sul suo contorno, una striscia *aaaa* larga un pollice, e ritenere che

tutto il resto, consistente nel rettangolo BB, sia senza azione sensibile per la lontananza a cui si trova dalla sorgente elettrica. Questa misura non è arbitraria; è dedotta dall' osservazione che gli elementi quadri di due pollici di lato agiscono quasi come gli elementi a stretto e lungo perimetro d' un' eguale estensione.

6.° Il biforcamento dello zinco del N.° 4 non basterà dunque per tutte le grandezze: basterà per gli elementi non più larghi di due pollici, dai quali sparisce il rettangolo senza azione BB; non basterà per le superficie più larghe, dove il rettangolo sussiste. È questo il caso più comune e tanto più fatale quanto più largo è l' elemento. Or qui si corre al riparo riducendo gli elementi larghi alla condizione dei ristretti col dividere la superficie del rame in tante striscie larghe due pollici, e facendo in modo che a ciascuna striscia corrisponda il biforcamento del N.° 4. La distanza da striscia a striscia si potrà tenere d' un pollice, che è l' intervallo del biforcamento.

Ecco dunque come dovrà costruirsi un elemento a gran superficie, della larghezza, per esempio, d' un piede o poco meno.

Si fonderà una lastra di zinco della grossezza comune (3 linee) in una forma fatta a pettine per avere il getto come indica la figura qui contro. Per l' elemento della grandezza richiesta, i denti del pettine saranno 8, ciascuno della larghezza di mezzo pollice, e distanti un pollice. Quattro sole saranno poi le doppie striscie di rame che dovranno coprire lo zinco. Ciascheduna striscia avrà, ben inteso, due pollici di larghezza, e coprirà un pajo di denti, come vuolsi indicato dalle linee 1, 2, 3, 4, le quali abbracciano due denti per ciascheduna.

I denti forman corpo colla traversa superiore del getto (21). Le striscie di rame che si taglieranno naturalmente da una lamina più grande, rimarrebbero separate, se non si riunissero insieme dopo d'averle incurvate d'intorno allo zinco. La riunione si farà con chiodi sopra un orlo del medesimo metallo, disposto convenientemente nella parte superiore.

Un elemento costruito in siffatta maniera soddisfa, come si vede, alle due condizioni che interessano, e sono: quadrupla superficie di rame intorno allo zinco, e parti posteriori del rame messe in buona posizione per

(21) Si potrà lasciare una traversa anche in fondo, se si giudica necessaria per la riuscita e solidità del getto.

agire efficacemente. Elementi di tal fatta meritano forse un nome particolare per distinguerli dagli ordinarj : si potrebbero chiamare *elementi a giorno*.

L' elemento or ora descritto avrebbe una larghezza di 11 pollici. Un altro *pieno* della medesima estensione richiede 3/8 di più di rame, 7/8 di più di zinco, e consuma poco meno che doppia quantità d' acido. Gli effetti sono i medesimi o di ben poco differenti come risulta dal seguente confronto fatto sopra due elementi anche più larghi di quello che abbiamo or ora descritto. Avevano amendue, il *pieno* e quello *a giorno*, 14 pollici di larghezza, e 17 d' altezza; e si servì per essi della medesima tinozza in cui furono immersi a varie riprese, l'uno dopo l'altro. Ecco il quadro de'risultati (22):

Confronto	Effetto			
	Calorifico (*Ignizione*) sull' elemento		Galvanometrico sull' elemento	
	Pieno	A giorno	Pieno	A giorno
1	1 minuto di durata	2 minuti di durata (23)	"	"
2	10" "	10" "	"	"
3	Appena sensibile	Appena sensibile	"	"
4	"	"	60°	60°
5	"	"	58°	58°

(22) Le misure galvanometriche furono prese sopra un galvanometro ad un ago solo e ad un solo filo, com' è quello che va unito all'apparato d'Ampère : non si avrebbe potuto prenderle sopra un istrumento più sensibile.

(23) Non vuolsi valutare la superiorità di quest' effetto, essendosi, dopo l' esperimento, riconosciuto che il rame dell' elemento pieno era meno lucido dell'altro. È noto d'altronde come le più picciole differenze, nei contatti e nella lunghezza del filo da arroventarsi, influiscano grandemente sul successo dell' incandescenza.

Conclusione.

Gli *elementi a giorno* costruiti secondo i principj stabiliti sostengono, non bene, ma benissimo il confronto dei *pieni*, per cui s' impiega tanto più rame, zinco ed acido. Il vantaggio è deciso; ma è tutto vantaggio economico, da non disprezzarsi è vero, ma non abbastanza prezioso per presumere che si abbia ad abbracciare con entusiasmo l' innovazione. Allora solo sarebbe giusta la pretensione, quando il nuovo metodo conducesse a risultati straordinarj o difficilmente conseguibili coi mezzi già noti; i quali posseggono un pregio, *la semplicità* di costruzione, che pareggia, se non supera, qualunque altra speculazione.

L' idea poi del prof. Dal Negro di ridurre tutto a perimetri dà luogo a varie obbiezioni dal doppio lato dei principj e della pratica: dal lato *dei principj* perchè si trascura in quel progetto la riduzione che convien fare allo zinco in faccia del rame, e perchè viensi ad accordare agli spigoli una virtù che non hanno per se medesimi, spingendo così troppo oltre il bisogno di restringere le superficie: dal lato *della pratica*, 1.° per la difficoltà di procurarsi lo zinco in fili o striscie strettissime; 2.° per esigere una montatura troppo complicata quale si è quella di lanterne capaci di sostenere que' lunghi perimetri; 3.° infine, per essere lungo e penoso il lavoro, e l' uso invece circoscritto ad un troppo scarso numero di volte, in grazia dello zinco che si consuma rapidamente ridotto a dimensioni così esili.

Non chiuderò peraltro la discussione senza rendere la dovuta giustizia ai lavori del prof. Dal Negro. Non avess' egli che semplicemente richiamato l' attenzione dei fisici sopra un soggetto, che si credeva esaurito, e

sarebbe già questa una prova di criterio e d' avvedutezza non comune. Ma ha fatto di più : ha dimostrato, in tesi generale, il vantaggio della suddivisione delle superficie, e proposte delle innovazioni, se non da seguirsi, tali almeno da contenere degli utili suggerimenti.

25 *Gennaio* 1835.

NOTA.

Pochi giorni sono è uscita alla luce una Memoria del sig. Matteucci intitolata « Sul passaggio della corrente elettrica attraverso i liquidi ». *A giudicare da questo titolo si direbbe che il sig. Matteucci ed io ci siamo combinati nel trattare il medesimo argomento; pure il suo lavoro è del tutto differente dal mio, giacchè egli diresse specialmente le sue mire ad un oggetto*, la conducibilità elettrica de' liquidi, *che non entrava nel piano delle mie ricerche. Sussiste però fra questo soggetto ed altri che ho trattati in diverse circostanze tale relazione che non mi sarebbe difficile di trarre da questi ultimi i lumi necessarj per giudicare dell'esattezza del metodo da lui tenuto per misurare la conducibilità de' liquidi. Ma non è punto mia intenzione d' entrare in una polemica di tale natura: vorrei anzi risparmiare ogni sorta di riflessioni, e tacere eziandio quell' una sola che deggio pur fare mio malgrado, strascinato a ciò dall' imperiosa necessità di giustificare un fatto sul quale si tenta di spargere de' nuovi dubbj.*

Il sig. Matteucci aveva già, in un altro suo scritto, annunziato che una corrente anche forte, come quella d' una pila di dieci elementi introdotta lungo gli organi d' una rana preparata al solito, non abbandonava questa via per entrare ne' fili del galvanometro. Era questo un risultato del tutto opposto a quelli ch' io aveva stabiliti dieci anni fa nelle prime mie esperienze elettrofisiologiche. Ora il medesimo Autore abbandona, non si sa come, la sua pila di dieci elementi, e presane una di soli quattro eccitata con acqua di pozzo od acqua leggiermente salata replica con questa le sue prove, e trovando di nuovo de' risultati negativi giustifica in tal modo la prima sua asserzione.

Sebbene diminuita di forza, io era sicurissimo che anche la corrente de' quattro elementi eccitati ad acqua, non sarebbe passata inavveduta a nessuno de' miei istrumenti; pure a persuasione degli altri più che mia, replicai subito l'ultima

esperienza del Matteucci alla presenza dell' illustre e benemerito Direttore di questo I. e R. Museo, e d' altre dotte persone, ed il risultato fu che la corrente de' quattro piccioli elementi eccitati ad acqua passò dalla rana al galvanometro, e passò in tale abbondanza *da cacciare l' indice sino a* 90° *contro la colonnetta d' avorio, che impedisce a quell' ago di passar oltre.*

Il sig. Matteucci si è servito, nelle ultime sue esperienze, d' un galvanometro di costruzione empirica *che riprovai sino dal* 1828 (Annales de Chimie et Physique, *Tom.* 38, *pag.* 233) *e che non è sicuramente il più adattato per l' esplorazione delle correnti idroelettriche debolissime. Ma qui non si tratta d' un esperimento delicato : si tratta di tutt' altro, e qualunque galvanometro a due aghi discretamente astatici è appropriato alla circostanza. Non so dunque concepire come un effetto così facile a conseguirsi sia mancato a più riprese nelle mani di lui, e come gli sia piuttosto piaciuto d' insistere sopra i suoi risultati negativi, anzi che assicurarsi de' positivi in una di quelle tante maniere, di cui poteva disporre nel suo attuale soggiorno di Firenze.*

Li 24 Febbrajo 1835.